

УДК 628.931

Конструктивные особенности светильников наружного размещения для холодной климатической зоны

В.Н. Яров¹, О.Ю. Ярова², Н.В. Калитёнков¹, В.И. Милкин¹

¹ Морская академия МГТУ, кафедра радиотехники
и радиотелекоммуникационных систем

² Политехнический институт МГТУ, кафедра физики

Аннотация. В работе обсуждаются технические и эксплуатационные особенности светодиодных светильников, предназначенных для эксплуатации в холодной климатической зоне. Приводятся рекомендации, позволяющие улучшить их технико-экономические характеристики.

Abstract. The frost-resisting streetlight LED lamps technical and operational characteristics have been considered in the paper. Special guidelines for improving technical and economical operation factors of LED lamps have been worked out.

Ключевые слова: светодиодные светильники, мощные светодиодные матрицы, кривая силы света, драйверы питания светодиодных матриц

Key words: LED lamps, powerful LED matrixes, luminance intensity distribution, power LED lamp driver

1. Введение

В настоящее время особое внимание уделяется энергоэффективным технологиям и устройствам (Об утверждении..., 2011), ужесточаются технические требования, предъявляемые к современным осветительным приборам, и тем самым инициируются глубокие качественные изменения в технических и физических принципах организации источников света. Источники света нового поколения базируются преимущественно на применении мощных светодиодов, которые имеют существенные технико-экономические преимущества по сравнению с традиционными источниками света. В работе рассмотрены факторы, касающиеся конструктивных особенностей светодиодных светильников при эксплуатации их в холодной климатической зоне в условиях длительной полярной ночи.

2. Применение матриц вместо дискретных светодиодов

В мощных источниках света, таких например, как уличные светильники или прожекторы, наиболее эффективно применение светодиодов не в виде набора отдельных дискретных элементов, а в виде мощных светодиодных матриц (модулей), которые представляют собой светодиодные сборки в интегральном исполнении. Каждая такая матрица является светоизлучающей площадкой квадратной или прямоугольной формы, на которой расположены от 5 до 120 одноваттных светодиодов. Таким образом, мощность матрицы однозначно определяется числом светодиодов в ней.

Светодиоды в матрице размещены так, чтобы минимизировать взаимное интерференционное ослабление излучения соседних диодов, что практически недостижимо при применении дискретных диодов. Кроме того, топология матрицы предусматривает оптимальное отведение тепла от всех элементов.

Внутреннее электрическое соединение светодиодов является последовательно-параллельным. К примеру, матрица HPR20D-19K20NW состоит из четырёх параллельных цепочек светодиодов, по пять диодов в каждой цепочке.

Применение матриц вместо дискретных светодиодов позволяет существенно увеличить надёжность светильника за счёт уменьшения количества паяных контактных соединений в 10...100 раз, в зависимости от мощности применяемых матриц, и несколько уменьшить удельную стоимость 1 Вт световой мощности. Сопутствующим фактором является повышение производительности труда при сборке светильников и повышение культуры производства, что практически исключает брак.

Таким образом, достижение необходимой расчётной мощности того или иного светильника сводится к выбору матрицы нужной мощности и необходимого количества таких матриц.

Данный принцип градации мощности источников света различного назначения рекомендован авторами статьи и практически реализован в светильниках для наружного применения производства фирмы "ООО МаксиСвет", работающей на Кольском полуострове и поддерживающей тесное научно-техническое сотрудничество с МГТУ.

3. Конструктивные особенности теплоотводов

При производстве светильников различной мощности особый подход используется в устройстве корпусов, которые являются теплоотводами, и для них применяется унифицированный алюминиевый профиль, отличающийся только по длине.

Этот метод, также предложенный авторами статьи, позволяет упростить технологию, увеличить выпуск продукции за единицу времени и, как следствие, – снизить отпускные цены на готовые изделия.

Дополнительный ресурс экономии заложен в возможности уменьшения площади теплоотвода (т.е. размеров корпуса) светильников наружного размещения, предназначенных для эксплуатации в северных регионах (категория ХЛ). При этом профиль для корпусов может иметь небольшую ребристость, а в отдельных случаях вообще быть гладким, что также способствует снижению производственных расходов. Уменьшение габаритов корпуса приводит и к уменьшению ветровой нагрузки, а следовательно, – к упрощению и удешевлению конструкции крепёжной арматуры и несущих опор. Удельная площадь теплоотвода может составлять 15...20 см²/Вт. Теплотехнические расчёты и натурные эксперименты, проведённые в МГТУ с макетом светильника мощностью 80 Вт, подтвердили это положение. Условия и результаты экспериментов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметр	Испытания в помещении	Наружные испытания
Продолжительность, ч	6	48
Температура среды, °С	+18...+20	-8...-10
Скорость ветра, м/с	0...0,2	5...10
Удельная площадь теплоотвода, см ² /Вт	15	15
Максимальная температура теплоотвода в площади контакта с матрицей, °С	71	57

Температура теплоотвода при испытаниях измерялась контактным способом прибором DT838.

4. Выбор драйвера и схемы питания матриц

Не менее важным, чем матрица, элементом светильника является драйвер. Фактически светильник по электрической схемотехнике представляет из себя систему "драйвер – матрица". Важнейшие технические параметры светильника: потребляемая из первичной сети мощность, КПД, отклонение питающего напряжения от номинала, отклонение частоты питающего напряжения от номинала, период безотказной работы и другие зависят как от правильного выбора самого драйвера, так и от схемы подключения матриц к драйверу.

Наиболее надёжной признана схема, в которой каждая матрица питается от своего драйвера. Однако эта схема наименее экономична в смысле энергосбережения, да и цена светильника с несколькими драйверами окажется значительной.

Менее надёжна, зато максимально экономична схема с питанием нескольких матриц от одного драйвера. Здесь возможны варианты: последовательное подключение нескольких матриц, параллельное, последовательно-параллельное.

Тестирование большого количества драйверов различных производителей в режиме неразрушающего контроля показало, что далеко не все из них имеют параметры, заявленные производителями или дистрибьютерами.

Стандартные светильники российских производителей в основном собираются на одном драйвере, тип которого зависит от мощности светильника и выбранной схемы подключения матриц. При этом рекомендуется использовать высоконадёжные драйверы ведущих мировых производителей.

При выборе драйвера для светильников категории ХЛ особое внимание следует обращать на рабочий температурный диапазон устройства. Рекомендуется выбирать драйвер, рассчитанный на -40...+65 °С или с лучшими параметрами. Необходимость применения морозостойких драйверов, собранных на специальной элементной базе, повышает стоимость светильника. Драйвер может быть оборудован функцией димминга, в отличие от люминесцентных энергоэффективных технологий, что также повышает его стоимость, но позволяет эксплуатировать светильник в экономичном режиме, уменьшая интенсивность излучаемого светового потока при увеличении уровня внешней (естественной) освещённости, например, в утреннее время.

5. Формирование кривой силы света

Следующее существенное преимущество светодиодных светильников заложено в пространственной диаграмме направленности светового потока светодиодных матриц. Традиционные

источники света, а это ртутные и натриевые дуговые лампы высокого давления, имеют почти сферические пространственные диаграммы направленности, что не только уменьшает силу света в нужном направлении, но и требует оснащения светильников светоотражательными устройствами (рефлекторами), формирующими требуемую диаграмму. Указанные факторы удорожают производство и эксплуатационные расходы традиционных светильников и снижают их КПД.

Светодиодные же матрицы имеют коническую пространственную диаграмму направленности. Соответствующий ей плоский угол в вершине конуса составляет $90^\circ \dots 140^\circ$ для разных типов матриц. Это не только существенно увеличивает силу света без каких-либо дополнительных технических мероприятий, но и позволяет вообще обойтись без рефлекторов в конструкции светильников – при условии применения поликарбонатных рассеивателей с низким коэффициентом отражения.

Использование же дискретных светодиодов в светильниках требует, как правило, применения коллиматорных линз для формирования нужной кривой силы света (КСС), что приводит к дополнительным расходам.

Другими словами, матрица уже имеет собственную диаграмму направленности, которая не требует никакой дополнительной коррекции. При этом общая диаграмма направленности светильника будет определяться лишь количеством матриц в нём и их взаимным пространственным расположением.

На рисунке приведена КСС четырёхматричного макета с линейной однорядной ориентацией матриц вдоль осевой линии корпуса светильника. КСС построена в экваториальной и меридиональной плоскостях с шагом 10° . Данные для построения снимались с помощью поворотной угломерной системы, с закреплённым на ней светильником, и фотометра ДТ-1308, установленного на расстоянии 5 м от светильника. Из каждого отсчёта вычиталась величина паразитной засветки, производилось нормирование и построение диаграммы в соответствии с требованиями (ГОСТ Р 54350-2011, 2011) и рекомендациями (Козловская и др., 2008).

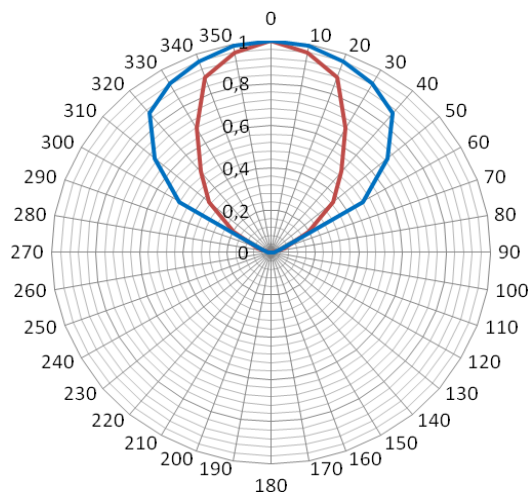


Рис. Нормированная КСС светильника ДКУ4-90 УХЛ1 в характерных меридиональных плоскостях

6. Практическая реализация

На основании расчётов и натурного макетирования, произведённого в МГТУ, были сформулированы технические требования и рекомендации, на основании которых была разработана проектная документация и фирмой "ООО МаксиСвет" создан светильник ДКУ4-90 УХЛ1, успешно прошедший отраслевую сертификацию и запущенный в производство.

Светильник предназначен для освещения улиц, дорог, мостов, тоннелей, автозаправок, площадей, дворов, складов, производств, железнодорожных платформ, открытых спортивных сооружений и т.д. Техническая характеристика данного светильника представлена в табл. 2.

7. Выводы

Системы наружного освещения в условиях длительной полярной ночи должны быть реализованы преимущественно на светодиодной основе, что даёт возможность экономии электроэнергии за счёт высокого КПД светодиодных светильников и снижения эксплуатационных расходов за счёт повышенных надёжности и долговечности.

Светодиодные светильники лучше строить на основе мощных светодиодных матриц, а не дискретных светодиодов, что удобнее с точки зрения как производства, так и эксплуатации.

Таблица 2. Технические характеристики ДКУ4-90 УХЛ1

№	Наименование параметра	Характеристика
1	Номинальное напряжение сети, В	170-260
2	Частота питающей сети, Гц	45-65
3	Потребляемая мощность, Вт	90
4	Цветовая температура, К	6000-6500
5	Рабочий ток, не более А	0,42
6	Световой поток не менее, Лм	9400
7	Угол свечения, град.	120
8	Кривая силы света (КСС)	Косинусная (согласно СНиП 23-05-2010)
9	Степень защиты	IP65
10	Габаритные размеры Д×Ш×В, мм	470×250×70
11	Масса не более, кг	4,5
12	Температурный режим, °С	-60+50
13	Рассеиватель	Поликарбонат
14	Гарантия на светомодуль/источник тока, лет	4/4

Свойственный Заполярью низкотемпературный режим эксплуатации позволяет снизить массогабаритные параметры теплоотводов, однако при этом предъявляются более жёсткие требования к драйверам питания.

Режим длительной непрерывной эксплуатации светильников в период полярной ночи является причиной выбора качественной элементной базы – драйверов и самих светоизлучающих матриц. Этот же фактор увеличивает вероятность выхода из строя отдельных светоизлучающих элементов в составе матриц, что усложняет схемотехнические решения защиты оставшихся в работе элементов для сохранения частичной работоспособности светильника в аварийной ситуации.

Таким образом, к светильникам категории ХЛ, используемых в районах Крайнего Севера, предъявляются более жёсткие технические требования, чем к их аналогам, предназначенным для работы в других климатических зонах.

Литература

- ГОСТ Р 54350-2011. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний. М., Стандартинформ, 38 с., 2011.
- Козловская В.Б., Радкевич В.Н., Сацкевич В.Н. Электрическое освещение. Минск, Техноперспектива, 273 с., 2008.
- Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения. Постановление Правительства РФ № 602 от 20 июля 2011 года. Российская газета, № 5541, 2011.